

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s) : Tadashi ISHIKAWA et al.
Serial No. : 10/576,224
Filing Date : April 13, 2006
For : LARGE-HEAT-INPUT BUTT WELDED JOINTS HAVING EXCELLENT BRITTLE FRACTURE RESISTANCE
Examiner : Jason L. Savage
Group Art Unit : 1794
Confirmation No. : 9443

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

DECLARATION UNDER 37 C.F.R. §1.132

I, Tadashi Ishikawa, hereby declare and state as follows:

1. I am a co-inventor of the above-identified patent application, which has been assigned to Nippon Steel Corporation, Tokyo, Japan. I have been employed by Nippon Steel Corporation since 1980, and my current positions are Head, Chief Researcher, and General Manager of Plate, Pipe, Tube and Shape Research Laboratories; and General Managers of Plate Division, and Pipe and Tube Division. I'm also a visiting professor of mechanical engineering at Nagasaki Institute of Applied Science, Japan, and a Fellow of the Japan Welding Society. I graduated from Cambridge University, United Kingdom, with a Ph.D. degree in Materials Science & Metallurgy, Physics & Chemistry in 1990.

2. I have reviewed the Office Action mailed April 29, 2009, the Advisory Action mailed December 23, 2009, and the reference cited therein, *i.e.*, JP2001-73071 ("Yoshiyuki") in view of JP3-153828 ("Shigeru"), JP2001-001148 ("Tomomasa"), and JP 2002-161329 ("Hasegawa"). I have also reviewed the specification and the pending claims of the present application.

3. I understand that the Examiner is of the opinion that (i) Yoshiyuki discloses a welded joint of thick steel plates of 50 mm or more, and that although Yoshiyuki discloses that the difference between the hardness of the heat affected zone (HAZ) and the base metal is small, it is known in the art to regulate a small hardness difference between the weld metal and HAZ; (ii) Shigeru or Tomomasa discloses limiting the thickness of the welded portion to much smaller than the thickness of the plates; and (iii) Hasegawa discloses a grain size of prior austenite in the HAZ of not more than 200 micrometers.

4. The present invention provides a large-heat-input butt-welded joint of high strength steel plates over 50 mm in thickness. In the welded joint of the invention, the hardness of the weld metal is controlled to 70% to 110% of the hardness of the base metal. As is understood in the art, "large-heat-input welding" refers to a welding process having a heat input of at least about 50 kJ/cm, whereas "small-heat-input welding" refers to a welding process having a heat input of about 50 or less kJ/cm. For example, according to Structural Steel by Shuzou Ueda, published in 1987 by Corporation of Japanese Steel Association,

[w]elding heat-input, H.I.(kJ/cm) is a function of welding currency I (A), arc voltage E(V) and welding velocity v(cm/min) and expressed as $H.I.=60 \times I \times E/v$. It is often called large heat-input in case heat-input is not less than 50,000J/cm

(p. 53, Footnote*1; copy attached herewith as Exhibit A). Fig. 5.3.2 of New Structural Steel Plate and Its Property, published in 1981 by Japanese Structural Steel Association (ISSC), also shows heat-input which distinguishes the vTrs of the bonding part of the large heat-input welding steel from that of the general steel is about 50 kJ/cm (p. 113, Fig. 5.3.2; copy attached herewith as Exhibit B). A translation of Fig. 5.3.2 is provided below:

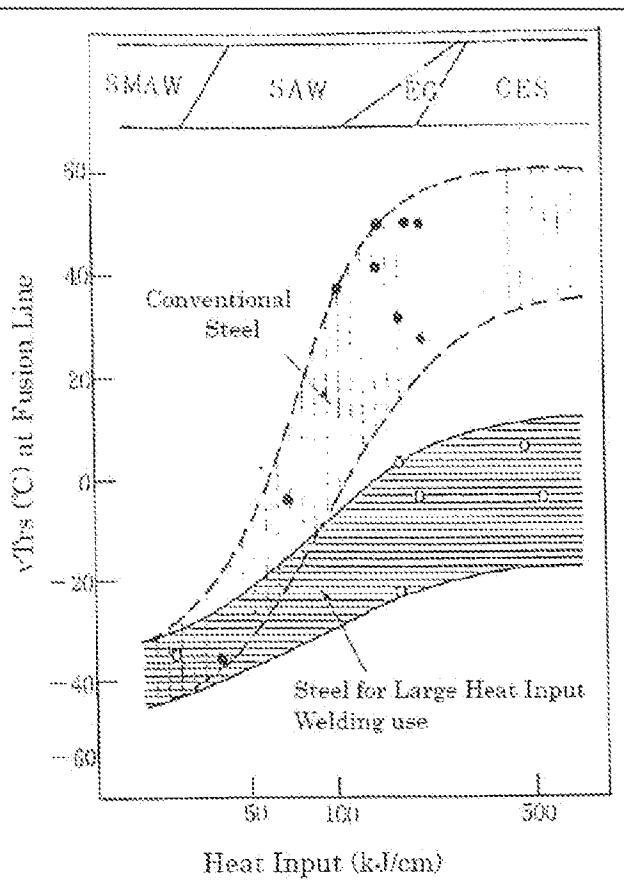


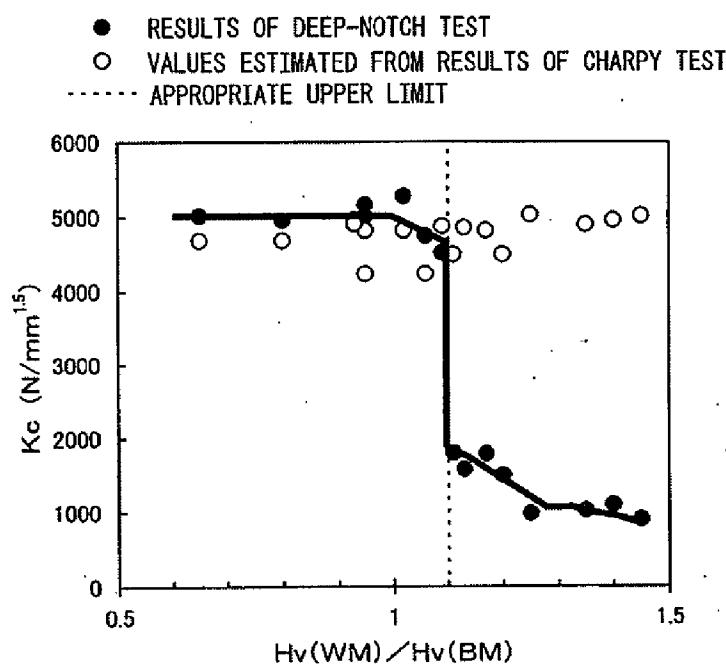
Fig. 5.3.2. The relation between heat-input and v_{Trs} of bonding part for HT-50 having yield stress of 32 kgf/mm^2

Thus, a person of ordinary skill in the art would understand that the border of heat-input between large heat-input welding and small heat-input welding is about 50 kJ/cm .

In small-heat-input welding, cooling of the welded joint is fast, resulting in rapid hardening of the HAZ. In contrast, in large-heat-input welding, cooling of the welded joint is much slower. As a result, the HAZ in a welded joint produced by large-heat-input welding has a coarser micro-structure as compared to the HAZ in a welded joint produced by small-heat-input welding, leading to a lower HAZ hardness. My co-inventors and I have discovered that conventional large-heat-input welded joints of high strength steel plates of over 50 mm in thickness suffers from low fracture toughness despite having excellent Charpy values. After intensive investigation, we have discovered that the low fracture toughness is due in part to local stress caused by the hardness difference between the weld metal and the

base metal, with higher local stress for higher hardness of the weld metal. We have also discovered that fracture resistance can be significantly improved by controlling, *inter alia*, the hardness of the weld metal to no higher than 110% of the hardness of the base metal. The criticality of controlling the hardness of the weld metal to no higher than 110% of the hardness of the base metal can be seen from Figure 1 of the application, which is reproduced below. As Figure 1 shows, fracture toughness K_c drops sharply when the hardness of the weld metal reaches 110% of the hardness of the base metal.

Fig. 1



5. The primary reference, Yoshiyuki, discloses a steel composition devised to provide a base metal that softens only marginally when affected by the weld heat resulting in a small hardness difference between the base metal and the HAZ, thereby improving the fatigue strength and reducing the occurrence of stress-corrosion-cracking. However, Yoshiyuki does not disclose a high strength steel plate of 50 mm thick or more or producing a welded joint using large-heat-input welding. Nor does Yoshiyuki disclose the low fracture toughness problem associated with a conventional large-heat-input welded joint of high strength steel plates over 50 mm in thickness, or controlling, *inter alia*, the hardness of the

weld metal to no higher than 110% of the hardness of the base metal to achieve excellent brittle fracture resistance.

Regarding steel plate thickness, Yoshiyuki discloses in ¶ [0037] that

for the steel plate of 50 mm or less of board thickness the JIS No. 5 test piece is used for tensile test to a rolling direction and rectangular direction, for the steel plate of 50 mm or more of board thickness the JIS No. 4 round bar test piece which is extracted from ¼ board thickness position is used for tensile test.

As shown in Table 2 on page 438 of Japanese Industrial Standard JIS Z2201:1998, entitled “Test Pieces for Tensile Test for Metallic Material” (copy attached herewith as Exhibit C), a No. 5 test piece is used for a material of 6 mm up to and including 20 mm in thickness, and a No. 4 test piece is used for a material of 20 mm up to and including 40 mm in thickness. Accordingly, a person skilled in the art would have recognized that the reference in ¶ [0037] to “50 mm” is an error, which should be “20 mm” instead. The fact that all examples in Yoshiyuki have a thickness of 50 mm or less further supports this conclusion.

Regarding welding heat input, Yoshiyuki discloses that

in order to investigate the hardness difference of a heat affected zone and a base material, it is based on the maximum hardness test method of the heat affected zone specified to JIS Z3101.

According to Section 3.6 on page 2 of Japanese Industrial Standard JIS Z3101-1972, entitled “Testing Method of Maximum Hardness in Weld Heat-Affected-Zone” (copy attached herewith as Exhibit D), “the welding condition shall, as a rule, conform to the following: welding current 170 ± 10 A, welding speed 15 ± 1 cm/min.” Although JIS Z3101 does not explicitly describe welding voltage, it is well known to a person skilled in the art that the welding voltage is 250 V. Therefore, the welding heat input in Yoshiyuki is 17 kJ/cm, which is small-heat-input welding.

The structural difference between the welded joints of Yoshiyuki and the present invention as a result of factors such as the difference in welding heat input can be seen clearly by a comparison of the hardness of the HAZ. In Yoshiyuki’s welded joint, the hardness of the HAZ is similar to the hardness of the base metal, as shown by the experimental data presented in Table 3 of Yoshiyuki. A partial translation of Table 3 is shown below:

Partial translation of Table 3 of Yoshiyuki

steel		thickness (mm)	base metal hardness	HAZ hardness	
I n v e n t i o n	1			maximum value	minimum value
	2	20	231	225	233
	3	40	227	221	236
	4	25	242	236	244
	5	32	241	235	247
	6	50	217	214	225
	7	25	229	222	231

In contrast, as can be seen from the table below, which provides hardness data of HAZ for the examples listed in Table 1 of the present application, in the large-heat-input welded joint of the present invention, due to HAZ softening, the hardness of the HAZ (see, the column identified by heading Hv(HAZmin)) is much lower than the hardness of the base metal (see, the column identified by heading Hv(BM)).

No.1	Hv(BM)	Hv(WM)	Hv(WM)/Hv(BM)	Width of Softered Region in HAZ	Hv(HAZmin)	Difference in Hv between BM and HAZ and WM	Difference in Hv between HAZ and Joint (Hardest location)	Hvmax at Welded Joint
1	202	212	1.05	12	161	41	51	212(WM)
2	204	200	0.98	15	150	54	50	204(BM)
3	210	151	0.72	13	170	40	19	210(BM)
4	205	226	1.10	15	152	53	74	226(WM)
5	175	186	1.06	18	152	23	34	186(WM)
6	215	204	0.95	16	170	45	34	215(BM)
7	210	208	0.99	7	172	38	36	210(BM)
8	200	206	1.03	17	152	48	54	206(WM)
9	195	205	1.05	8	175	20	30	205(WM)
10	210	227	1.08	11	180	30	47	227(WM)
11	204	222	1.09	8	181	23	41	222(WM)
12	183	134	0.73	12	150	33	16	183(BM)
13	210	220	0.95	13	163	47	37	210(BM)
14	210	208	0.99	3	190	20	18	210(BM)
15	205	133	0.65	15	163	42	30	205(BM)
16	220	224	1.02	18	186	34	38	224(WM)
17	215	204	0.95	16	182	33	22	215(BM)
18	202	265	1.31	12	180	22	85	265(WM)
19	204	235	1.15	15	171	33	64	235(WM)
20	210	258	1.23	13	170	40	88	258(WM)
21	204	235	1.15	15	162	42	73	235(WM)
22	210	258	1.23	13	155	55	103	258(WM)

6. None of the secondary references discloses controlling the hardness of the weld metal to no higher than 110% of the hardness of the base metal to achieve excellent brittle fracture resistance in a large-heat-input welded joint of high strength steel plate of 50 mm thick or more. As the table below shows, each of these references discloses welded joints of steel plates of no more than 50 mm thick and/or produced by small-heat-input.

	Shigeru	Tomomasa	Hasegawa
Plate thickness	6-25 mm (table 2)	50 -200 mm ([0042])	45 mm ([0065])
Heat input	15-40 kJ/cm (table 2)	10-40 kJ/cm ([0042])	20 kJ/mm ([0065]) [§]

[§]This heat input corresponds to 200 kJ/cm.

7. Based on the above discussion, it is my opinion that the cited references would not have led one of ordinary skill in the art to the welded joint of the present invention.

* * *

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true, and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code, and that such willful false statements may jeopardize the validity of the patent or any reexamination certificate issued.

Respectfully submitted,

26 May 2010
Date


Tadashi ISHIKAWA

Enclosures:

- Exhibit A
- Exhibit B
- Exhibit C
- Exhibit D

EXHIBIT A

出版人
日本鉄鋼協会
監修

図説 | 鉄鋼技術の流れ
第1シリーズ

⑨

構造用鋼の溶接

低合金鋼の諸性質とマクラージー

上田修三 著

地人書院

鋼鐵は古くを起源であり、有名な文獻である紙巻の創製や内容の重複技術のためしばしば剽窃させていただいた。また、學術書であることを意識して、特許の権利を取り、極力鋼材の特徴や技術の各種物語の名前を用いることを諒めている。また、全体的には体裁と用語の統一を図る配慮をしたが、鋼材の強度、水準などの特徴や技術データに用いられる単位は、時代時代に用いられてきたものを絶対する方が誤差が少ないと判断し、過去のものは文獻どおりとも、近年のものは極力現実化とした。

書き終わってみて、歴史学者曰く「歴史は私たちを驚かせる事で始まる」ではなく、過去を語りながら、現在が未来へ向かっていく、その先端に立たせてくれる」の言葉どおり、鉄鋼材料の能力とともにその影響メカニズムと特性的進歩を認識し、まだまだ実現すべき事柄が多く残され、新規技術開発へのアレイタースルーが期待できることを後めて認識した。2010年以降、わが国において高度経済成長期に開拓された技術が40～50年を経てリニアーズの技術を形成し、技術構造物の寿命延長のための研究と同時に、高強度の新材料の、さらには新しい時代に相応しいエコマテリアルの思想をも反映した環境技術の技術開拓材料の開拓の姿勢も高まっている。より強度のあるもの、より軽いもの、より炎炎なものへの挑戦に燃えあって、本書を有効に活用いただければ幸甚である。

なおここで、本書のご高闇を賜った 大阪大学名誉教授 須(株)精機学会会員 向井喜勝氏に深甚の謝意を表する次第である。

趣味で翻訳であったが、非常に有意義な仕事を成継することができた。本書執筆の機会を与えていただき、今日まで最高く見守って下さった（株）日本精機学会専務理事の各位ならびに著者の連絡する川崎製鉄㈱及び日本電気㈱様からお礼申し上げる。

1996年今月

大河原正

目次

著者「鉄鋼技術の流れ」発刊に感動して

序 5

1. 緒 論	13
1.1 鋼鐵部物への進歩適用の歴史	13
1.1.1 古・中・近・今各時代…歴史家高橋力講の普及	13
1.1.2 鋼鐵技術開拓の歴史	14
1.1.3 高強度鋼への影響の適用	18
1.2 鋼鐵技術開拓の研究等の歩み	24
1.2.1 機器・機器開拓の技術の開拓開拓	24
1.2.2 社会情勢の変化…鉄鋼業・造船業の発展	29
1.2.3 高度経済成長期以降のわが国の開拓開拓	42
2. 鋼鐵技術開拓の進歩と選擇特性	49
2.1 乾 燥	49
2.1.1 鋼鐵用高強度鋼	49
2.1.2 環境汚染抑制用高強度鋼	55
2.2 圧力容器・水圧装置	60
2.2.1 圧力容器用高強度鋼	60
2.2.2 水圧装置用高強度鋼	63
2.3 電線管路	72
2.3.1 常圧冷凍式 LNG タンク用低張用鋼	72
2.3.2 LNG タンク用タフネス鋼	77
2.4 機 器	84
2.4.1 高強度鋼の適用	84
2.4.2 鋼鐵大鋼用 335 MPa/355 MPa 鋼強度鋼	86
2.5 鋼鐵構造物	88
2.5.1 鋼鐵建築・生産用鋼鐵構造物の種類と歴史	88

8. 見　点 <ul style="list-style-type: none"> 8.0.1 構造・評価構造用荷重力線図解説 92 8.0.2 方論・ダスタイルハイブリッド 100 8.0.3 高強度高張力鋼 100 8.0.4 鋼構造 107 8.1 ポイントおよび石油精製装置用圧力容器 110 8.1.1 ポイドラム鋼 110 8.1.2 石油精製装置用鋼 114 8.2 連　絡 118 8.2.1 高張力鋼と溶接の歴史化 118 8.2.2 溶接性改良 TS 490 N/mm² 鋼鋼 120 8.2.3 高強度 TS 590 N/mm² 鋼鋼 121 8.2.4 長時間暴露熱影響による鉄骨構造の損傷 124 8.3 鋼子午圧力容器 127 8.3.1 鋼子午圧力容器用鋼 127 8.3.2 機器鋼板の溶接 129 8.4 リダクトモーターケース 132 8.4.1 リダクトの発達と使用鋼種 132 8.4.2 モーターケースの溶接 137 	8.4.3 鋼溶接熱影響の歴史 141 <ul style="list-style-type: none"> 8.4.4 溶接化と鉄鋼熱 141 8.4.5 溶接現象と検査装置別形式 141 8.4.6 高張力鋼への溶接の適用と溶れ現象 153 8.4.7 鋼溶接熱感受性試験法 157 8.4.8 溶接割れ感受性試験 159 8.4.9 鋼溶接と拘束外力 163 8.4.10 鋼溶接と水素脆化 167 8.4.11 水素脆化の機理 173 8.4.12 低溶接熱と鋼中水素含有量 175 8.4.13 鋼溶接と外気温度 177 	8.4.14 鋼溶接熱影響 179 <ul style="list-style-type: none"> 8.4.15 鋼溶接熱影響 181 8.4.16 高温熱 185 8.4.17 鋼溶接熱現象 185 8.4.18 発生機構 186 8.4.19 熱伝導および界面物質交換の影響 189 8.4.20 溶接熱力および外的拘束変動熱力の影響 193 8.4.21 鋼溶接熱防止策 197 	8.4.22 鋼 208 <ul style="list-style-type: none"> 8.4.23 热影響部の軟化現象 209 8.4.24 溶接ボンド部の軟化現象と軟化 207 8.4.25 溶接ボンド部のフェライト粒微細化による硬性改善 214 8.4.26 硫酸マグネシウムサイト(MAS)による軟化 224 8.4.27 N, C, S, O, 保偏の低減と耐候環境の強化効果 232 8.4.28 溶接熱影響化 241 8.4.29 溶接熱處理による強化 243 	8.4.30 鋼熱割れ 256 <ul style="list-style-type: none"> 8.4.31 鋼溶接熱現象 256 8.4.32 発生機構 259 8.4.33 感受性指標 265 8.4.34 割れ防止策 268 	8.4.35 内部溶接部のアンダーカット・タラッピング 270 <ul style="list-style-type: none"> 8.4.36 溶接熱をもつて割れ 274 8.4.37 高張力鋼のめっき割れ現象 274 8.4.38 鋼被膜熱 277 8.4.39 鋼被膜子 278 8.4.40 発生機構 282 8.4.41 割れ防止策 284 	8.4.42 鋼溶接熱と水素脆化 288 <ul style="list-style-type: none"> 8.4.43 鋼溶接熱現象 288
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

10.9.3	362	375
3.6.2	熱力腐食割れ現象—緩慢、酸素燃、強化熱等々	360
3.6.3	LPGタンク溶接部の被覆物熱力腐食割れ	365
3.6.4	ライタパイプ溶接部の被覆物熱力腐食割れ	368
3.7	ウメタチア	367
3.7.1	ウメタチア現象	367
3.7.2	熱受熱拘束	372
3.7.3	評価試験法	375
3.7.4	ウメタチア防止策	377
3.8	クリープ脆化	379
3.8.1	クリープ脆化現象	379
3.8.2	実機での割れ被害事例	388
3.8.3	脆化割れの発生機構	397
3.8.4	鋼材相成と熱力除去焼なまし条件の影響	399
3.8.5	熱風のクリーブ脆化現象	399
3.8.6	熱れ拘束割れ	399
3.9	ステンレス鋼肉溶接部の脆化割れ	399
3.9.1	熱割れ現象	399
3.9.2	熱割れ防止策	399
3.10	疲労損傷	412
3.10.1	高張力鋼溶接鋼の疲労特性	413
3.10.2	無溶合接頭	414
4	溶接部の安全性評価方法の概述	417
4.1	脆性評価	417
4.1.1	熱的脆性標準化の大規模実験と評価の難性	417
4.1.2	脆性評価	418
4.1.3	脆性破壊発生脆性試験法	422
4.1.4	脆性破壊法による脆性試験法	426
4.2	不安定破裂評価	427
4.3	鋼材の選定	429
5	溶接方法の概要	375
5.1	通用溶接適用方法と溶接材料	375
5.1.1	被覆アーク溶接法	375
5.1.2	グローバルアーク溶接法	378
5.1.3	サブマージアーク溶接法	379
5.1.4	ティグ、スグ、CO ₂ 、マグナーケ溶接法	383
5.1.5	セルブシールドアーク溶接法	386
5.1.6	スレクトロスラグ溶接法	387
5.1.7	スレクトロガスアーク溶接法	389
5.1.8	高能率溶接法	390
5.2	我が国の造船業における溶接法の実績	393
5.3	船舶エネルギー密度熟度溶接法	395
5.3.1	電子ビーム溶接法	396
5.3.2	レーザビーム溶接法	404
参考文献		414
年表、索引、索道、主要記録の題目一覧		417
索引		418

文獻

- 1) 溶接五十周年記念委員会編：溶接五十年史、(1982)、p.131 [叢書]
- 2) 岡田寅、鈴木泰義：溶接構造用鋼と溶接冶金、(1953)、p.160 [叢書]
- 3) 小島裕輔：圧力鉄器、21 (1963)、p.198, p.270, p.328
- 4) 美濃雄吉編：溶接機法要覽、(1988)、p.230 [柴本出版社]
- 5) 宮野勝が男：日本製鋼技術、(1961)、p.612
- 6) 志賀千景：新しい製造法による鋼材（TMCP鋼）の溶接構造物への適用に関するシンポジウム、(1989)、p.117, (社)日本金属学会溶接研究委員会
- 7) J.Tamura, C. Ouchi, T. Tanaka and M. Sekine: Thermomechanical Processing of High-Strength Low-Alloy Steels, (1988) [Butterworths]
- 8) 志賀千景：溶接学会誌、86 (1990)、p.210
- 9) 上田修三：鋼構造論文集、1 (1984)、L p.127
- 10) 斎藤信基、横田英一：圧力技術、16 (1978) 1, p.8
- 11) 土生録一、曾田政祐、田村俊、斎藤信基：鋼と鋼、64 (1973)、p.1368
- 12) (社)日本溶接協会監修：鋼構造用構造部品規格「造船の溶接」、(1981)、p.32, p.63 [社]日本溶接協会
- 13) 渡辺重一：第139・140回溶接記念技術講座、(1990)、p.189 [社]日本溶接協会
- 14) (社)日本溶接協会溶接部会溶接材料研究会「第2版わが國における船底の厚板製造技術の進歩」、(1984)、p.322 [社]日本溶接協会
- 15) (社)日本溶接協会：溶接・接合便覧、(1990)、p.870 [丸善]

2. 溶接構造用鋼の進歩と溶接部特性

2.1 船舶

2.1.1 商船用高張力鋼

(1) 商船の大型化と高張力鋼の採用

数後10年が経り1930年代後半になると、TS 50 kg/mm²級 (HT 50) および60 kg/mm²級 (HT 60) のぞれぞれ非調質および調質高張力鋼板が陸上構造物に広く使用されるようになつた。しかし、造船用としては、この頃までは艦艇を除けば1936年就航の大西洋航線の豪華客船「クイーン・メリー号」(米)や「ノルマンディ号」(仏)などに使用されたに過ぎなかつた。これらの場合も船体の重心を下げる安定性を向上させるために、デリックボストなどにごく部分的に使用されただけで船体主構造には使用されていなかつた。つまり鋼板は鉛錆でつくられるものであつた。ところが1960年代に入つて載貨重量が15万トン以上のタンカーや甲板に開口部のある乾舷船など、計算複雑が大きくなる船艤が増え、これらに船体重量の軽減に有利なHT 50鋼が使用され始めた¹¹⁻¹³⁾。1962年にはわが国で世界に先駆けて、船体主構造に高張力鋼板を適用した大型乾舷船「日鐵丸(4.7万トン)」および乾舷・油兼用船「SAN JUAN PIONEER(6.7万トン)」が竣工された。

ちなみに高張力鋼の適用については、①鋼材使用量の減少、②板厚減少に伴う溶接量などの軽減、③鋼荷重量の増加、④安定性の向上、などが利点とされ、低張鋼に比べて高い強度、⑤溶接時の熱れ防止のための予熱などの溶接施工管理、⑥疲労強度の点から極力切欠き部を少なくする設計上および工作上の考慮、⑦腐食予備厚さが軽減とほぼ同じであるので、所要板厚の比較的

薄い小船の船体では高張力鋼の使用による板厚の大きな低減は困難、などと指摘された。

船体構造は自重、揚貨、荷物、波浪などの外力を受ける一種の架構と観察できる。大きな伸びる力のかかる被覆鋼材の主構造フレームに相当すると考えられた。高張力鋼が船体の場合にまず図2.1に示される半張筋と舷側筋の被覆鋼材群に適用されたのはもともとである。

1960年代後半には32万トン級のタンカー（O/T）が建造され、バルクキャリア（B/C）の大規模化が始まり、高張力鋼板が本格的に使用されることになった。1971年には降伏点YF 32 kgf/mm²および36 kgf/mm²級の2種類が國際規格として規定された。同年に37万トン級、1973年には45万トン級タンカーが建造される特徴となり、高張力鋼の被覆鋼板、上甲板鋼板、舷側鋼板、舷底船底鋼板、Hatch coaming材等及びこれらの鋼板にとりつけられている被覆サイドキル等などに広く用いられるようになつた。当時35万トン級タンカーでは全鋼材使用量32,000トンの約1/4がHT 36鋼鐵であった。しかし、1975年頃までの耐張力（HT）化率は図2.2で示されるように低く30%以下であった。高張力鋼は導電性の悪さが高く溶接施工効率を低下させるので、

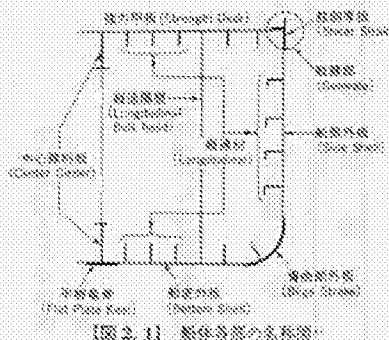


図2.1 船体各部の名前

*1 1960年代後半から始まるHT化は、TMCPより高張力鋼板を用いていた時期と並んである。TMCPは日本で最初の高張力鋼板を生産した技術であり、その後世界で広く採用された。TMCPはTMCPと並んで他の高張力鋼板も開発された。また、HT化はHT化率が高くなるにつれて進歩した。

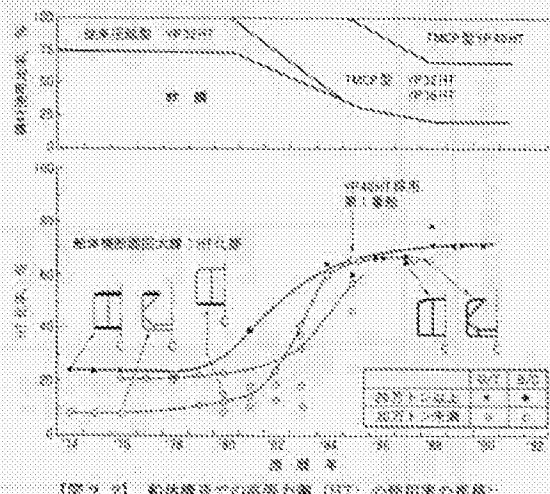


図2.2 被覆鋼板や舷側鋼板（HT）のHT化率の変遷

HT化があざしむる被覆鋼板コストの低減につながらなかつたことが問題であった。YF 36 kgf/mm²鋼鐵がYF 32 kgf/mm²鋼鐵に比べて使用量が伸びなかつたのも同様の理由による。

わが國で船体への高張力鋼の採用率が大きくなびたのは、船体工事鋼アリス TMCPが開発実用化された1960年の事である。1960年代後半にはHT化率はおよそ70%まで上がった。TMCPにより低C化、低P化が図られ溶接耐熱性が図り、3に示されるように著しく改善された。ついてはHT化による溶接施工効率の低下の問題は解消され、HT化が一気に進んだとみられる。船体の重量削減効果の大きい大型船のみならず、3～5万トン級のハンディ・バッカのような小型船にも高張力鋼板が使用されるようになつた。また上甲板やHatch coaming部などの高強度部材としてはYF 32 kgf/mm²鋼鐵に替わって、TMCPとYF 36 kgf/mm²鋼鐵、さらには1980年以後TMCPとYF 40 kgf/mm²鋼鐵が使用されるに至つた。図2.2に示されるように1980年代後半

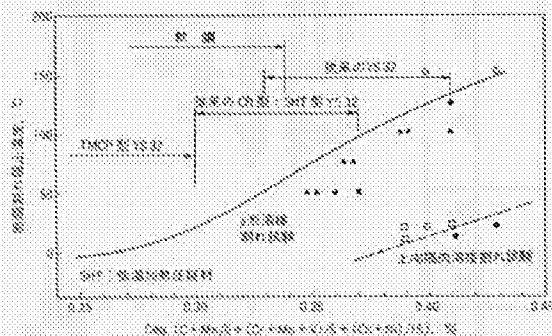


図2.31 構体積膨脹率と強度評価の関係図

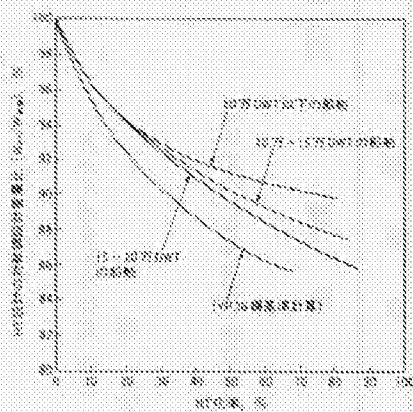


図2.41 HT化ベース設計時の熱膨張ペースと設計熱に対する割合（TF-32鋼基準計算）

には最強力鋼は船底の後所に加えて、船側外板の中央部に、また舷接隔壁内板および内隔壁隔壁材としても使用されるようになつた。なお図2.3中のSHT鋼とはスリップから壁板への圧延において、圧下量の半分を一定冷却速度ならし速度へ再加熱して最終板厚までCRするプロセスである（1章3項1(B)参照）。

なお、船体を高強力鋼設計した場合と軟鋼設計した場合とを比べると、載荷重量の大きい船ほど、HT化率の増加とともに重量削減の割合は増加することが、図2.4に示されている。

(2) 大入熱溶接法の適用

1960年代も後半になるとタンカーをはじめとする船舶の大型化傾向が高まり、設計板厚を大きくする必要性が生じ、これを削減するためにも高強力鋼の適用が重要な意味をもつようになつた。また厚板の溶接の熟練化が得られ、図2.5に示されたように、片溶接アーチ溶接およびエレクトロガスアーチ溶接などの大入熱溶接法⁴³⁾の利用が検討されるようになつた。ちょうどこの頃一方ではTS-32 kgf/mm²規格、高いC(38 kgf/mm²規格について、各

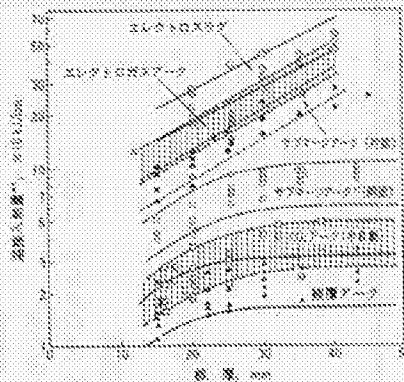


図2.51 熟練技能者入熱量と板厚との関係

⁴³⁾ 熟練技能者入熱量（kgf/mm²）は熟練度度（%)、アーチ電流とTF-32鋼基準計算（kgf/mm²）の割合である。100×100×2×50の板から、入熱量が30000 kgf/mm²以上の場合を大入熱溶接と呼ぶことが多い。

2.1.2 深海潜水艇の歴史と技術的発展

季の上向き熱的放熱部で優れる低燃費を実現（「タックフリ化」）するための方策として、鋼板の純 Ceq 化が図られ、ついでは焼ならし後の放熱冷却や Slack quench といった熱処理技術で鋼材強度を補償することが試みられていた。材質の内一性や表面の問題、さらに造船材にふさわしい経済的プロセスといった点で困難が多かった。一方ラインバイアラ法で強度を発揮する船体压延法（CIP）技術の進歩への応用については、造船材が最適であるがゆえに、CR が圧延率を低下させるリスクであることや複数の鋼種が圧延機とくにハウジングの寿命を短くすることなど多くの問題点が指摘された。しかし造船材にとって CR 技術の能力は大きく、圧延強度の実績を見越して 1970 年代中頃には次第に CR 製造船材が増加した。この場合に与られた新しい鋼材設計、すなわち Ceq の削減は図 2.3 にみられる低燃費拘束に寄与するばかりでなく、大人熱溶接部影響部の強度をも向上させるものであった。しかし前者についての結果は満足なものではなく、1970 年代に入るとエレクトロスラグ溶接をも含む大人熱溶接影響部の組織と強度に対する基礎的研究が研究に行われた。微細 TiN の利用や素地強度改善とその複合強化による HAZ の組織を細粒化し強度を確保した新規品が開発され実用化された。從来鋼の特性認識と新材料の安全性評価においては当時甚しきにわたって（財）日本造船研究協会に組織された学識懇親会、造船会社、製鉄会社などの技術者からなる委員会（（通称 SK 委員会）で討議された。該種鋼の組成から新規品の優秀性が確認された初期のものであった。

なお大人熱溶接部に関する具体的な技術内容については、2.2.3 項に詳述している。造船会社による大人熱溶接部に対する船体用強度力鋼の検定を得た結果により、我が國の造船会社では高強度鋼の大半を採用と施工の高強度化が進んだ。1980 年以降の TMCJ 技術の発展がさらなる流れの転換を可能にして、既2.3 に示す燃費削れ航行効率に加えて大人熱溶接部の軽量的構造に燃費をもたらしたといえる（図 2.3 参照）。今日、日本造船協会専門として

*1: 1970 年代後半～80 年代前半（船舶技術の進歩と人材の育成から技術革新が進む時期：1980～1990 年代）

*2: 1980 年代後半～90 年代前半（燃費削れ航行効率の実現と燃費削減技術の開拓：1990～2000 年代）

*3: 1980 年代後半～90 年代後半（燃費削れ航行効率の実現と燃費削減技術の開拓：1990～2000 年代）

XS 350 N/mm² 鋼鉄鋼 KA-40～KF-40（表 4.4 参照）が定められ実用されている*1。

2.1.2 深海潜水艇用耐熱用鋼強度力鋼強度

1960 年代に入つてわが国では深洋開拓を原子力潜水艇開発と並ぶ一大科学事業と位置づけ、熱処理の技術ならびに耐熱鋼を開発するにあたって、まず 1964 年青函海底深海鉄鋼製「よみうり丸」（潜航深度 339 m、排水量 350 t）が、続いて 1966 年大韓撃潜用潜水艇製「しんかい」（潜航深度 600 m、排水量 350 t）が建造された。

潜水艇の耐熱材料には、①大きな外圧と浮力の関係から浮力に対する船体重量の比を強力小さく、材料としては比強度すなわち静係数/比重が大きいこと、②海水環境での腐食強度が大きいこと、③耐候性が良いこと、④低サイクル疲労強度が高いこと、などの特性が求められる。最初の 2 つには主として耐熱した潜水艇などにて実績の多い耐熱用鋼板 NS-46 鋼板（1960 年開発の YT-46 kgf/mm² 鋼板の YT-46 1 kgf/mm² 耐熱鋼強度力鋼強度）が使用された*2。

半ばでは 1964 年建造の潜水深度 1200 m の HY 100 艦（ALVIN）、1968 年建造の潜水深度 1300 m の HY 140 艦（DSRV）（海水強度強度）および 1967 年建造の潜水深度 2400 m の 18 吨 N フレネイジング鋼船（DEEP QUEST）がある*3。

ここで HY 100 および HY 140 はそれぞれ YS100 上回り 17 140 kgf/mm² 強度の高強度鋼強度であり、1958 年から実用されるようになつた HY 80 や後半開発された HY 130 と呼ばれる鋼種とともに米国の耐熱鋼強度高強度力鋼である。いわゆる Emergency Use または Arresting Use の考え方に基づき、高い強度をも加えて燃費での高い効率を競争を実験している。我が国でもこれらに相應する鋼種には、鋼種の標準の潜水艦「おやしお」に採用された NS-36 に始まり、燃耗の効率 46、これより高強度の鋼材では 1967 年から実用の NS-63、1975 年から実用の NS-82、さらに 1981 年に実用された 2000 m 耐熱強度強度用深海潜水艇「しんかい 2000」に実用の NS-90 がある*4。また現在 YS

*1: 大日本鐵道会員（1980 年～1990 年代）が導入した NS-46～NS-63 と NS-82～NS-90 が主

Winnipeg

（2）被験者の性別・年齢・学年

[View all posts](#) | [View all categories](#)

1869-1870 1871-1872 1873-1874 1875-1876 1877-1878
1878-1879 1879-1880 1880-1881 1881-1882 1882-1883
1883-1884 1884-1885 1885-1886 1886-1887 1887-1888

© 1997 GREGORY L. COOK & ASSOCIATES
1100 19TH STREET, SUITE 2000

◎日本語の音韻学とその歴史と問題

EXHIBIT B

031484-6



日本鋼鐵協会

新JIS構造用鋼材之(1)鑄造性

序

近年鋼構造物の建設が増え、かつ、大型化してきているのはご承知のとおりであるが、その強度部材として主流をなす厚板への新しい特性要求が出され、鉄鋼各社がこれに応えるべく技術開発に努力しているのが現状である。

日本鋼構造協会材料小委員会では、これらの新しい厚板の諸性質についても検討してきたが、これらの内容は、広く、厚板の使用者である鋼構造物設計技術者及び建設加工技術者の諸兄に理解してもらった方が良いと考え、ここに小冊子として編集した。

編集に当っては、最近の厚板製造技術を概観するとともに、各種厚板製品の特徴について解説し、かつ諸外国のそれとも比較し、また、最近の市場で議論されている課題についてふれるなどを心がけたが、十分意図がつくせなかったことを反省している。

資料内容については、新日本製鐵㈱、日本鋼管㈱、住友金属工業㈱、川崎製鐵㈱、神戸製鋼所及び日本製鋼所の材料小委員会委員と執筆者の間で検討され、材料小委員会で吟味されたものである。

尚、各種資料は各鉄鋼各社が所有のもの及び既に報告されたものを集めたが、各鉄鋼各社所有のものは数多いデータの中から代表として選んだものなので、改めて出所の固有会社名は記さなかった。したがって、各鉄鋼各社の固有商品名及び製造技術名も記していない。

この小冊子が、素材製造側の厚板製造技術者と使用側の鋼構造設計技術者及び建設加工技術者相互の理解を深めるのに役立ち、素材製造側には、更に新しい厚板の開発を、使用側には鋼材の特性をうまく生かした使用方法が進み、ともにわが国の今後の鋼構造物の発展に少しでも寄与すれば幸甚である。

日本鋼構造協会
材料小委員会委員長 寺沢一雄
(大阪大学名誉教授)



○第一回 嘉慶末年
○第二回 楊廷玉
○第三回 蔡文正
○第四回 蔡文正
○第五回 蔡文正
○第六回 蔡文正
○第七回 蔡文正
○第八回 蔡文正
○第九回 蔡文正
○第十回 蔡文正
○第十一回 蔡文正
○第十二回 蔡文正
○第十三回 蔡文正
○第十四回 蔡文正
○第五回 水滸傳
○第六回 水滸傳
○第七回 水滸傳
○第八回 水滸傳
○第九回 水滸傳
○第十回 水滸傳
○第十一回 水滸傳
○第十二回 水滸傳
○第十三回 水滸傳
○第十四回 水滸傳

(第05回 分別)

材料小考題

۱

本対策は多くの合金添加を必要とする80kg/mm²以上の鋼板に適用されている。

5.2.2.4 不純物元素の低減

PやSなどの不純物元素の低減は母材のみならず HAZ のじん性向上に有効である。ただし、これらの元素をたんに低減しただけでは効果が少なく、本対策は他のせい化軽減策と併用されている。

図-5.2.18及び図-5.2.19にはTiを添加した大入熱溶接用HT-50のHAZじん性に及ぼすP及びSの影響をそれぞれ示す¹⁶⁾。これらの図から明らかなように、Pが0.020%以下に、Sが0.010%以下に低減されるとHAZのじん性は著しく向上する。

Nの低減も HAZ のせい化軽減に有効である。この理由については、じん性に有害な固溶Nの低減あるいは島状マルテンサイトの低減などの説があり、まだ明らかではないが、図-5.2.20～図-5.2.22に示したように軟鋼、HT-50、HT-80などについて低N化の効果が報告されている。¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾ただし、TiNやBNなどを利用して HAZ のせい化軽減を図る場合には最適N量が存在するので、低N化により必ずしも HAZ のせい化が軽減されることは前述したとおりである。

5.2.2.5 Niの添加

Niは鋼のじん性を向上させる元素であり、図-5.2.23に示し

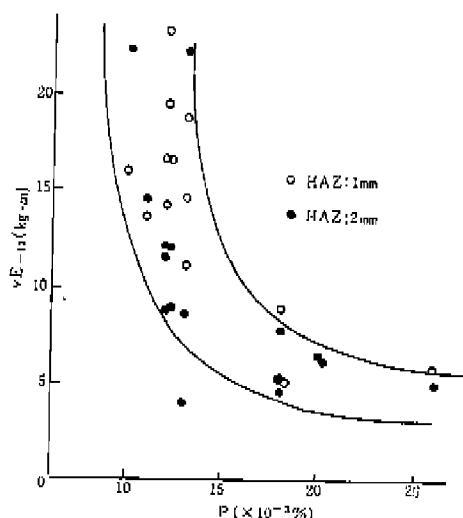


図-5.2.18 50キロ鋼(Ti入り)3電極潜弧溶接部のHAZ+1mm, +2mmのじん性, vE_{-10} と母材のP量との関係¹⁶⁾

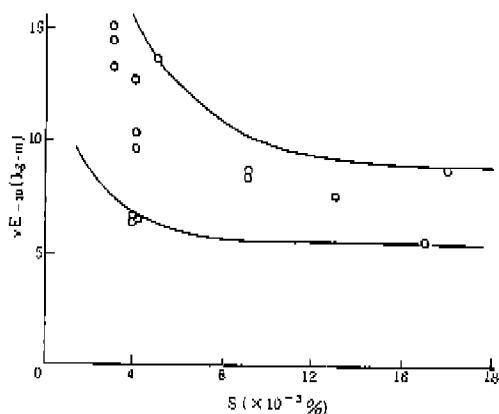


図-5.2.19 50キロ鋼(Ti入り)3電極潜弧溶接ポンド部のじん性, vE_{-10} と母材S量との関係¹⁶⁾

たように HAZのせい化軽減にも有効である²⁰⁾。ただし、Niは高価であるため経済性を考慮して添加量を決定する必要がある。

以上、HAZのせい化軽減策について述べてきたが、大入熱溶接用鋼板の製造に当っては、たんに一つの対策がとられている

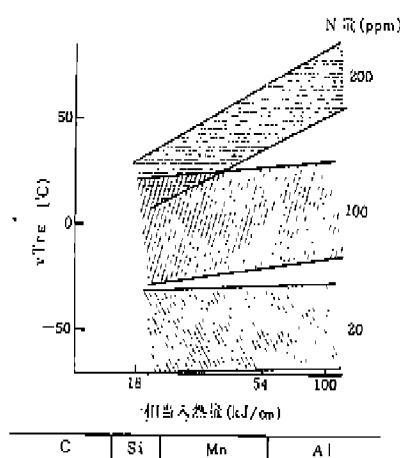


図-5.2.20 Si-Mn系軟鋼のポンドじん性に及ぼすN量の影響¹⁷⁾

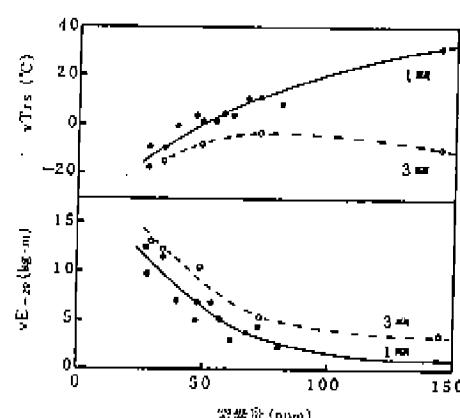


図-5.2.21 HAZ部の衝撃特性に及ぼす窒素の影響(HT-50片面-屑サブマージアーカ溶接)¹⁸⁾

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	V	Al	Ti	B	N
0.08	0.30	0.87	0.004	0.003	0.27	0.50	0.43	0.01	0.025	0.0008	0.0011	
0.14	0.34	0.92	0.006	0.013	0.58	0.98	0.45	0.05	0.083	0.025	0.0022	0.0121

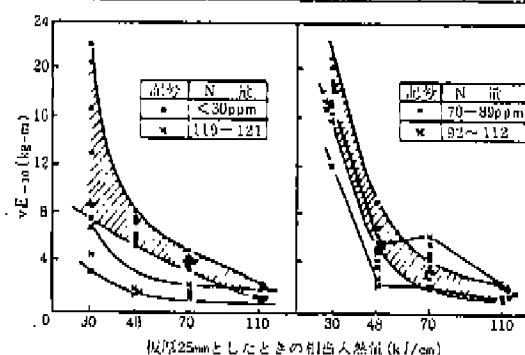
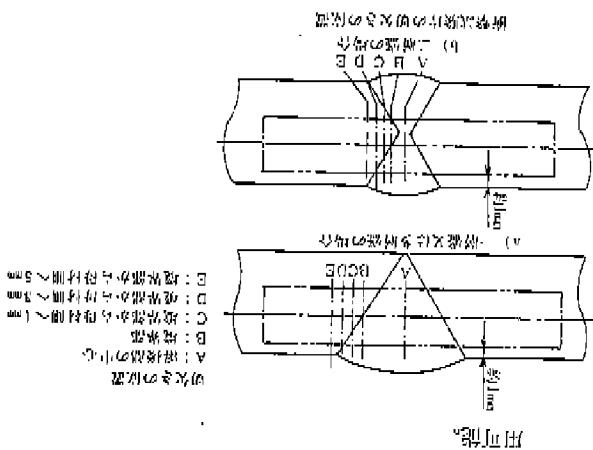


図-5.2.22 HT-80の熱サイクル試験後のじん性に及ぼすN量の影響¹⁹⁾

序号	材料名称	厚度/mm	化学成分(%)										力学性能	
			C	Si	Mn	P	V	Al	Ti	N	NEM	Ca	Ceq (%)	
A	CR	55A	0.110	0.074	1.148	0.0085	0.0083	-	-	0.010	-	-	(45-55) / (45-55)	VTRs (45-55) / (45-55)
B	CR	55B	0.114	0.078	1.142	0.015	0.007	-	-	0.010	-	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
C	CR	55C	0.112	0.078	1.150	0.015	0.007	-	-	0.011	0.0031	0.031	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
D	CR	55D	0.112	0.081	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0031	0.031	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
E	CR	55E	0.115	0.084	1.158	0.018	0.009	-	-	0.0032	-	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
F	CR	55F	0.114	0.086	1.149	0.013	0.006	-	-	0.008	-	0.040	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
G	CR	55G	0.112	0.086	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0031	0.031	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
H	CR	55H	0.114	0.086	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.008	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
I	CR	55I	0.112	0.089	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
J	CR	55J	0.114	0.091	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
K	CR	55K	0.112	0.093	1.150	0.017	0.007	-	-	0.0011	-	0.038	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
L	CR	55L	0.114	0.093	1.150	0.017	0.007	-	-	0.0011	-	0.038	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
M	CR	55M	0.112	0.093	1.150	0.015	0.007	-	-	0.0011	-	0.038	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
N	CR	55N	0.114	0.096	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
O	CR	55O	0.112	0.096	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
P	CR	55P	0.114	0.096	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
Q	CR	55Q	0.112	0.096	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
R	CR	55R	0.114	0.096	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
S	CR	55S	0.112	0.096	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
T	CR	55T	0.114	0.096	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
U	CR	55U	0.112	0.096	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
V	CR	55V	0.114	0.096	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
W	CR	55W	0.112	0.096	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
X	CR	55X	0.114	0.096	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
Y	CR	55Y	0.112	0.096	1.150	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)
Z	CR	55Z	0.114	0.096	1.149	0.013	0.006	0.061	-	-	0.0016	-	(50-55) / (50-55)	VTRs (50-55) / (50-55)

图 5-3-3 天人共存模式 HT-50 的整体概念及功能模块的划分——图



* 俗語說「王爺廟裡的神像都是活潑的」這就是指神像要能說會笑。

表-5.3.2 NK细胞(CD56+)与自然杀伤细胞(NK)的鉴别指标

本教材是为SAV、GCW、与3.11st CES设计的大人
类游戏设计的，里面一章SAV、GCW、与3.11st CES设计的大人
类游戏设计的，里面一章SAV、GCW、与3.11st CES设计的大人
类游戏设计的，里面一章SAV、GCW、与3.11st CES设计的大人

N-K模塊：K32A, K32B, K23E → JIS 規格：SM50, SPV32
符合IEC標準：60760-2-17(EU規範)與311-1標準；UL規範：
UL認證號：T1, C2, REM, B, AI 等；CB測試報告編號：CB0500000000000000
L-T認證號：T1, C2, REM, B, AI 等；EMC報告編號：EMC0500000000000000
大功率接線板：CE認證編號：CE0500000000000000
大功率接線板：中國CCC認證編號：CN0500000000000000

5.3.1.1 路线图 32KFC/mm²铁

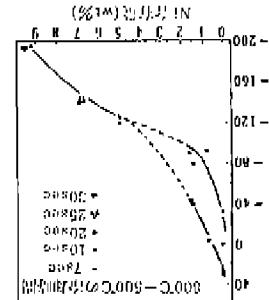
表-5.3.1 天然氣井場用鋼級別的判斷方法

~80kgf/mm²的剪切力强度及24~37kgf/mm²的抗压
强度。而与之相比，木制家具的剪切力强度仅为2~4kgf/mm²，抗压强度仅为0.5kgf/mm²左右。
因此，木制家具在受到外力作用时，很容易发生变形或损坏。而塑料家具则具有较高的强度和稳定性，能够承受较大的外力作用，不易变形或损坏。

3.3 大数据应用领域的特征

（三）在本办法施行前，已经取得《医疗机构执业许可证》的医疗机构，应当在本办法施行之日起六个月内，向所在地县级人民政府卫生行政部门申请换发《医疗机构执业许可证》，并按照本办法的规定重新登记。

網易云音乐 (网易云音乐) 是网易公司旗下的一款音乐流媒体服务应用。



片面一層 SAW は板厚12~32mmの鋼板の突合・せ溶接に適用されており、板厚に応じて入熱量 80~250kJ/cmで溶接されている。

立向の大入熱溶接法である EGW 及び CES での入熱量は、それぞれ 60~300kJ/cm 及び 200~500kJ/cm である。

これらの大入熱溶接法における継手の衝撃特性の一例を図-5.3.1に示す。これらの図から明らかのように、大入熱溶接用鋼板は、ボンド部のじん性が一般鋼よりも優れており、また、せい化域の幅も狭くなっていることが分かる。

図-5.3.2は、市販されている種々の大入熱溶接用鋼板のボンド部の衝撃試験結果を、入熱量とシャルビー特性値 vTrs との関係について整理し、これを一般鋼の場合と対比して示したものである。大入熱溶接用鋼板は入熱量を増大させてもボンド部のせい化が少なく、入熱量がおよそ 80kJ/cm以上になると大入熱溶接特徴の効果が顕著になることが分かる。

次に大入熱溶接用鋼板の溶接継手部におけるせい性破壊特性を紹介する。図-5.3.3には中央切欠付ティーブノッチ試験の結果を示す。大入熱溶接用鋼板のボンド部におけるせい性破壊発生特性値 [Ti]_{cus}（応力：公称応力の 1%，き裂長さ：80 mm の場合のせい性破壊発生温度）は、片面一層 SAW 及び EGW のいずれの溶接法の場合においても一般鋼より低温側に位置している。本結果からも大入熱溶接用鋼板は一般鋼より HAZ のじん

性が優れていることが分かる。図-5.3.4には EGW 繼手の COD 試験結果を示す。一般的船舶における最も低い使用温度 -20°C においても限界 COD 値 (δ_c) はボンド部において 0.7mm 以上の極めて高い値を示している。

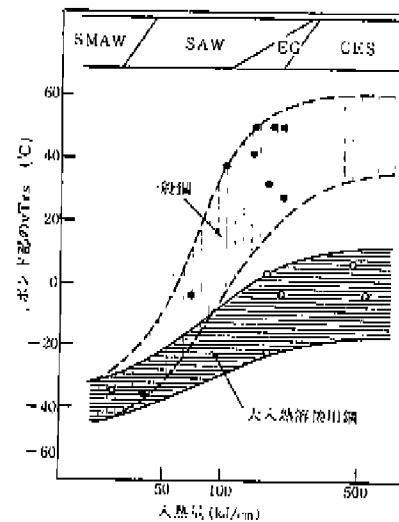


図-5.3.2 降伏点 32kg f/mm²級 HT-50 における入熱量とボンド部の vTrs との関係

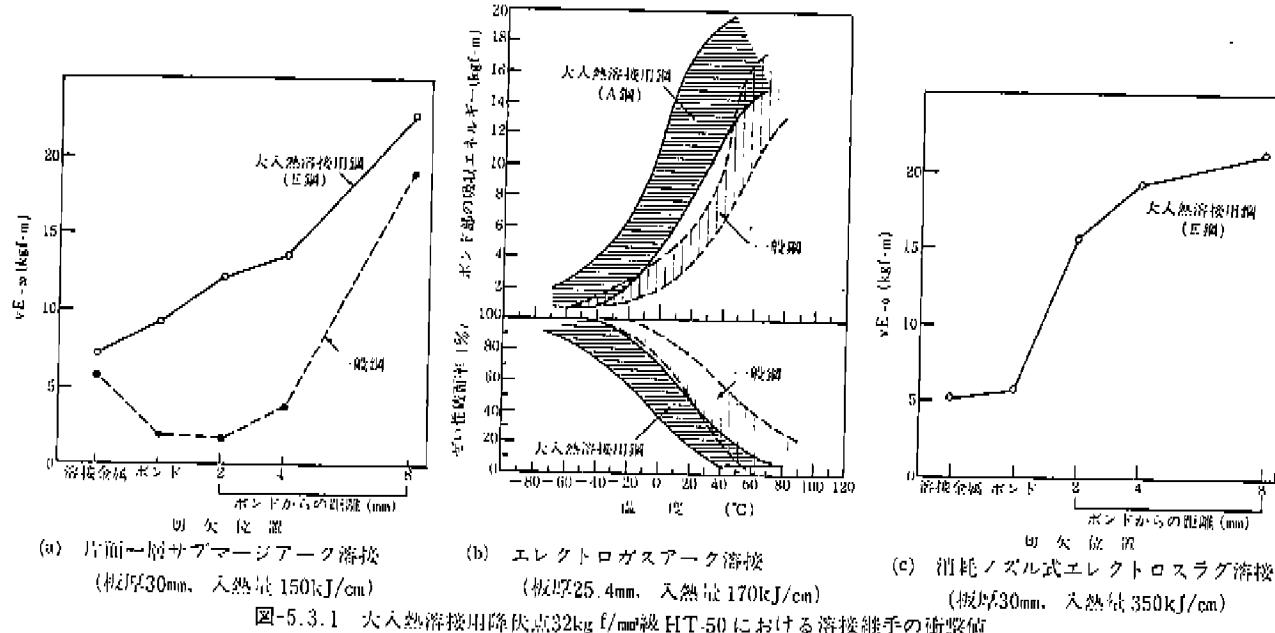


図-5.3.1 大入熱溶接用降伏点32kg f/mm²級 HT-50 における溶接継手の衝撃値

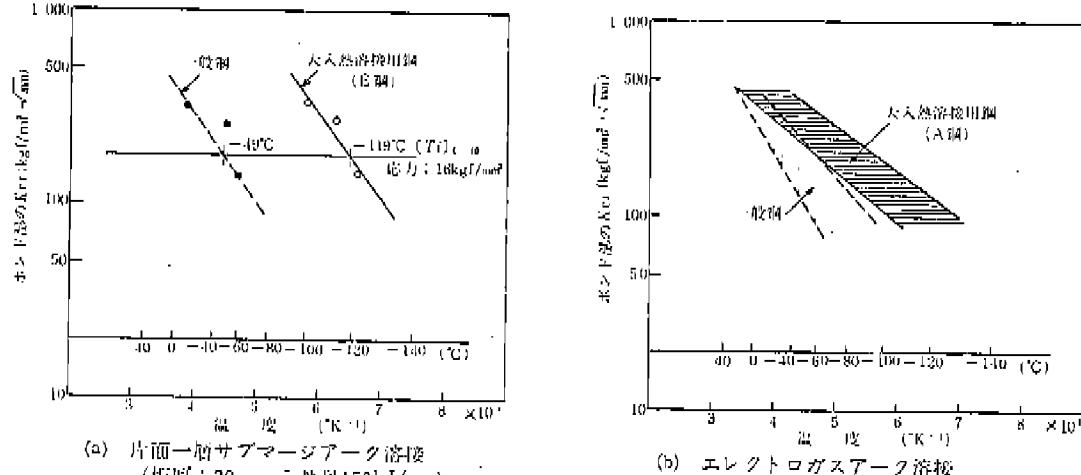
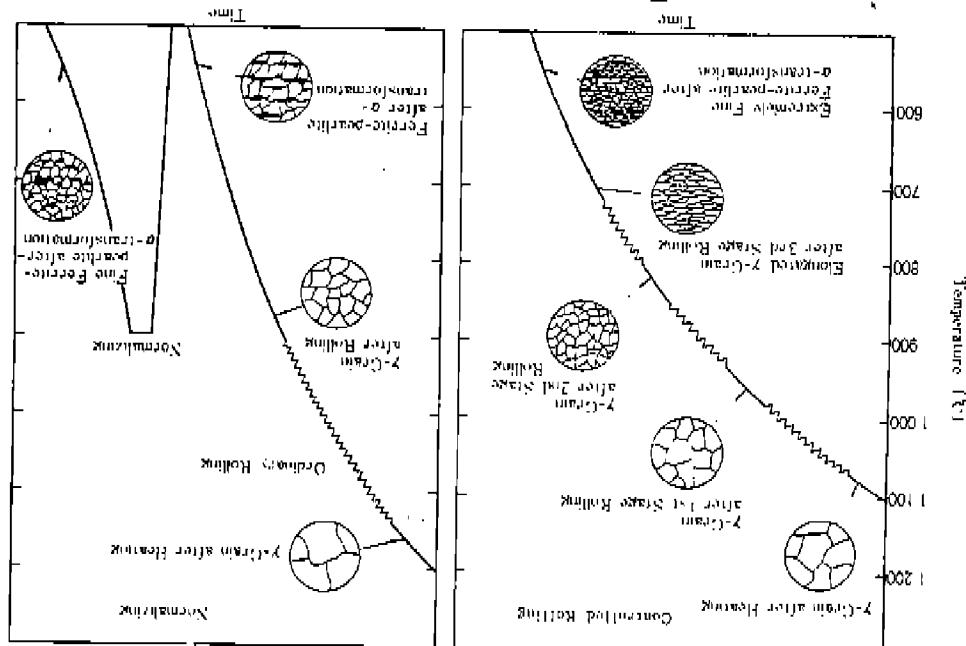


図-5.3.3 大入熱溶接用降伏点32kg f/mm²級 HT-50 の溶接継手ボンド部における中央切欠付ティーブノッチ試験結果

项目	指标	2018年数据										2019年数据											
		计划	完成	差异	完成率 (%)	计划	完成	差异	完成率 (%)	计划	完成	差异	完成率 (%)	计划	完成	差异	完成率 (%)	计划	完成	差异	完成率 (%)		
A类 基础设施建设	SCR	22	0.12	0.22	1.36	0.015	0.006	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	23	0.11	0.21	1.27	0.014	0.007	-0.007	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.36	0.80	0.019	0.015	0.013	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	24	0.11	0.21	1.27	0.014	0.007	-0.007	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.35	0.80	0.019	0.015	0.013	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	25	0.11	0.22	1.36	0.015	0.006	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	26	0.11	0.22	1.36	0.014	0.007	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	27	0.11	0.22	1.36	0.015	0.006	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	28	0.11	0.22	1.36	0.014	0.007	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	29	0.11	0.22	1.36	0.015	0.006	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	30	0.11	0.22	1.36	0.014	0.007	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78
	SCR	31	0.11	0.22	1.36	0.015	0.006	-0.009	0.012	0.35	43.7	52.8	23.9	-109	1.37	0.81	0.007	0.017	0.011	0.013	15.5	20.0	-78

图 5-3-14 水平悬臂梁上 A 点处的剪力和弯矩分布

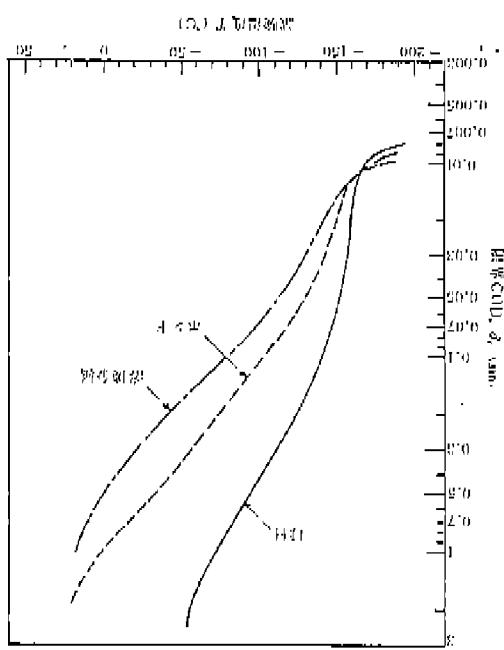
新時代的「五指精神」：道德、誠實、勤奮、尊嚴、愛護



本章主要从两个方面对大规模集成电路设计、工艺及应用技术进行阐述。
首先简要介绍大规模集成电路设计的基本概念、设计方法及设计流程。
其次重点介绍CMOS工艺，包括CMOS基本单元、CMOS逻辑门、CMOS
存储器、CMOS放大器、CMOS振荡器、CMOS开关、CMOS线性放大器等。
最后简要介绍CMOS工艺的测试与可靠性分析。

これらは、強度、硬度、潤滑性を有する複数の樹脂から成る複合樹脂である。この複合樹脂は、樹脂の間の界面活性剤によつて、樹脂と樹脂との間に結合され、樹脂の表面に吸着され、樹脂の表面を保護する作用をする。

能耗、环境要求和人体健康在很大程度上被忽视了。因此，必须从源头上解决这个问题。



量が0.10%前後まで低減されており、その結果、Ceqも一般鋼より約0.04%低くなっている。VやNbは制御圧延による強度増加の効果を高めるために添加されている。

本鋼板の母材じん性は、同表に示した衝撃特性及び図-5.3.6の二重引張試験結果にみられるように、一般鋼よりはるかに優れている。これは制御圧延鋼板の一つの特長であり、本圧延により結晶粒が非常に細粒化されているためである。

片面一層 SAW 繼手におけるシャルビ試験結果の一例を一般鋼のそれと対比して図-5.3.7に、その中央切欠付ディープノット試験結果を図-5.3.8に示す。また、図-5.3.9には入熱量とボンド部の vE_{-20} との関係を示す。これらの図より、大入熱溶接用鋼板のボンド部のじん性は、入熱量が増大してもせい化が少なく、一般鋼より優れていることが分かる。なお、本鋼板では、大入熱溶接継手の HAZ のじん性に有害であるといわれていた Nb

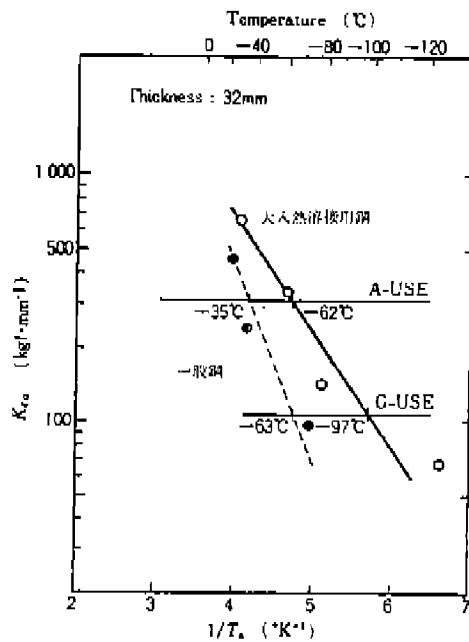


図-5.3.6 大入熱溶接用降伏点36kgf/mm²級HT-50の二重引張試験結果（A鋼）

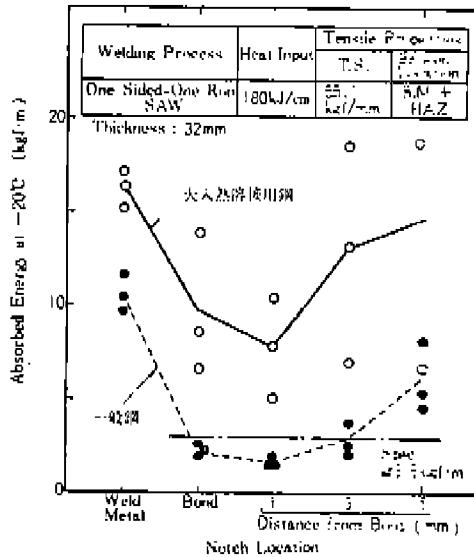


図-5.3.7 大入熱溶接用降伏点36kgf/mm²級HT-50における片面一層サブマージアーク溶接継手のシャルビ衝撃特性（A鋼）

やVが添加されているにもかかわらず良好なじん性を有しているが、これは、C量やCeqを低減すれば、これらの元素を有効に活用できることを示すものである。

C量やCeqの低減は、図-5.3.10に示したように耐溶接割れ性の改善にも有効である。本鋼板は溶接時に予熱を必要としたため溶接作業能率の向上の点からも極めて有用であるといえる。

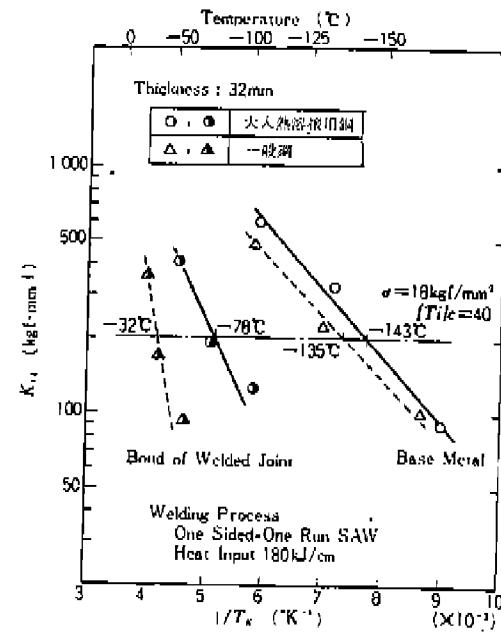


図-5.3.8 大入熱溶接用降伏点36kgf/mm²級HT-50中央切欠付ディープノット試験結果（A鋼）

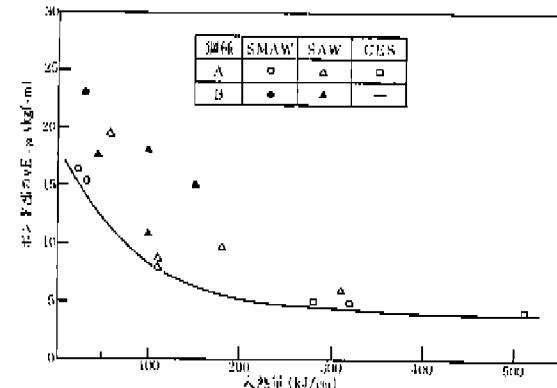


図-5.3.9 大入熱溶接用降伏点36kgf/mm²級HT-50における入熱量とボンド部の vE_{-20} との関係

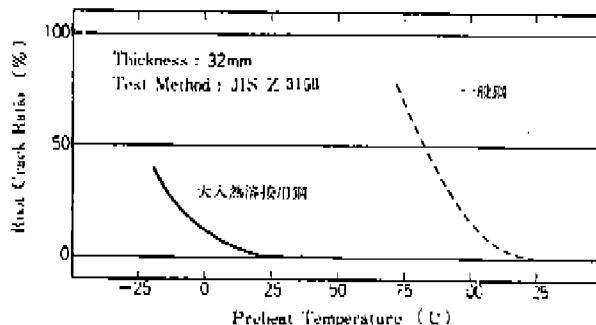


図-5.3.10 大入熱溶接用降伏点36kgf/mm²級HT-50の斜めY形溶接われ試験結果（鋼種A）

〒100 東京都千代田区丸の内3-3-1 新東京ビル648
電話 (03) 212-0875 (C) 搬送口座取引4-99826

郵便銀行人 蘭原 原 義
銀行所 日本鋼鐵總經理会

昭和56年11月25日 ② 1981

定価 5,000円

新ルル・標準用鋼材などの諸特性

EXHIBIT C

Test pieces for tensile test for metallic materials

Introduction This Japanese Industrial Standard is based on ISO 6892 : 1984, *Metallic materials—Tensile testing*. However, this Standard specifies the non-proportional test piece not included in ISO 6892. This is because that the sudden abortion of the non-proportional test piece which has been specified so far in the Japanese Industrial Standard for a long time is considered to affect a commercial transaction to a great extent. Nevertheless, taking this circumstance into account the division of use and the dimension of test piece specified in ISO 6892 are included newly in Remarks Table 1 to contribute to the use, when testing the materials specified in ISO Standard with a view to seeking the conformity with the International Standard.

1 Scope This Japanese Industrial Standard specifies test pieces for tensile test for metallic materials (hereafter referred to as "test piece").

Remarks 1 When the tensile test values are required to be compared between the test pieces of different materials or different dimensions, or when the tensile test results are used in international trade, it is preferable to use the proportional test piece specified in this Standard.

2 The following standard is corresponding International Standard to this Standard :

ISO 6892 : 1984 *Metallic materials—Tensile testing*

2 Normative references The following standard contains provisions which, through reference in this Standard, constitute provisions of this Standard. The most recent edition of the standard indicated below shall be applied.

JIS G 0202 *Glossary of terms used in iron and steel (testing)*

3 Definitions For the purpose of this Standard, the definitions given in JIS G 0202 apply.

4 Types of test piece

4.1 The test pieces shall be classified as specified in 5.1 depending upon the form and size. These are classified into the proportional test piece and the non-proportional one as given in Table 1.

Table 1 Classification of test piece

Form of test piece	Flat form test piece	Bar form test piece	Tubular form test piece	Arc section test piece	Wire form test piece
Proportional test piece	No.14B	No.2, No.14A	No.14C	No.14B	
Non-proportional test piece	No.1A, No.1B, No.5, No.13A, No.13B	No.4, No.10, No.8A, No.8B, No.8C, No.8D	No.11	No.12A, No.12B, No.12C	No.9A, No.9B

Remarks : In addition to Table 1, the special test pieces are specified in Annex.

4.2 The selection of a type of test piece to be used shall be in accordance with the requirements of the standard for particular material, but it is recommended to be selected as given in Table 2.

Table 2 Division of use of test pieces

Material		Test piece		Remarks
Form	Dimensions	Proportional	Non-proportional	
Sheet, plate, shape, strip	Over 40 mm in thickness	No. 14A	No. 4, No. 10	For bar form test piece
		No. 14B	—	For flat form test piece
	Over 20 mm up to and incl. 40 mm in thickness	No. 14A	No. 4, No. 10	For bar form test piece
		No. 14B	No. 1A	For flat form test piece
	Over 6 mm up to and incl. 20 mm in thickness	No. 14B	No. 1A, No. 5	
	Over 3 mm up to and incl. 6 mm in thickness		No. 5, No. 13A, No. 13B	
Bar	3 mm or less in thickness	—	—	
	—	No. 2, No. 14A	No. 4, No. 10	
Wire	—	—	No. 9A, No. 8B	—
Pipe	Pipe of small outside dia.	No. 14C	No. 11	For tubular form test piece
	50 mm or less in outside dia.	No. 14B	No. 12A	For arc section test piece
	Over 50 mm up to and incl. 170 mm in outside dia.		No. 12B	
	Over 170 mm in outside dia.		No. 12C	
	200 mm or over in outside dia.	No. 14B	No. 5	For flat form test piece of arc section test piece
	Thick wall pipe	No. 14A	No. 4	For bar form test piece
Casting	—	No. 14A	No. 4, No. 10	—
	—	—	No. 8A, No. 8B, No. 8C, No. 8D	To be used when elongation value is not required To be taken from test coupon casted for test piece
Forging	—	No. 14A	No. 4, No. 10	—

Shape section produc
Sheet

Bar

Wire

Pipe

Shape

D : dia

Note (

Remar

- Remarks 1* No. 1B test piece shall be used in the case where the test pieces shown in Table 2 are not suitable to be used.
- 2 No. 3, No. 6 and No. 7 test piece specified in Annex should be used when the use of test pieces given in Table 2 is not suitable.
 - 3 For the materials specified in the International Standard, the division of use shown in the following remarks Table 1 may be used.

Remarks Table 1 Division of use and dimension of test piece based on International Standard

Unit : mm

Shape of cross section of product	Dimension	Width W	Gauge length <i>L</i>	Parallel length <i>P</i>	Distance from end of parallel portion to grip
Sheet	Less than 3 mm in sheet thickness	12.5 20	50 80	75 120	87.5 140
	3 mm or more in sheet thickness (1)	—	$5.65\sqrt{A}$	$L+2\sqrt{A}$	—
Bar	Less than 4 mm in outside diameter	— —	200 100	— —	260 150
	4 mm or more in outside diameter (1)	—	$5D$	$L+2D$	—
Wire	Less than 4 mm in outside diameter	— —	200 100	— —	250 150
	4 mm or more in outside diameter (1)	—	$5D$	$L+2D$	—
Pipe	Less than 3 mm in pipe thickness	12.5 20	50 80	75 120	87.5 140
	3 mm or more in pipe thickness	—	$5.65\sqrt{A}$	$L+2\sqrt{A}$	—
Shape	Less than 4 mm in thickness	— —	200 100	— —	250 150
	4 mm or more in thickness (1)	—	$5D$	$L+2D$	—

D: diameter of parallel portion, *A*: sectional area of parallel portion

Note (1) When using a test piece of circular cross section, *D* = 5 mm, 10 mm, or 20 mm is recommended.

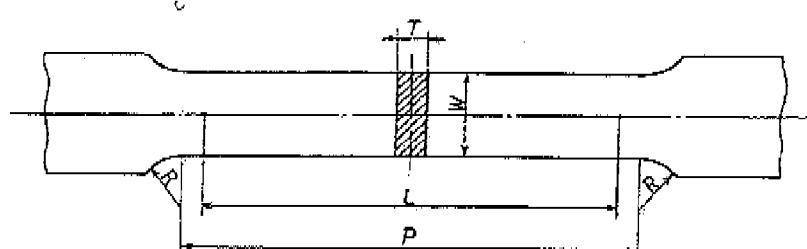
Remarks 1 In the case of rectangular cross section, the ratio between sheet thickness and sheet width shall not exceed 8 : 1.

- 2 In the case of hexagonal cross section, the parallel length shall be $P = L + 1.5\sqrt{A}$.
- 3 The parallel length, in the case of circular cross section and in other cases, shall be $P = L + 0.5D$ and $P = L + 1.5\sqrt{A}$ or more respectively, even in the minimum.

5 Form and dimensions of test piece

5.1 Form and dimensions of test piece The forms and dimension of the test pieces shall be as follows.

a) No. 1 test piece The form and dimensions of this test piece shall conform to Fig. 1.

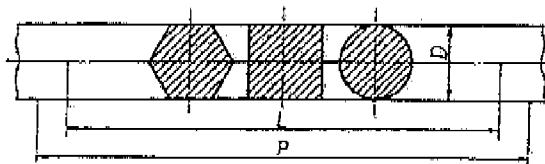


Unit : mm

Type of test piece	Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T
1A	40	200	220 approx.	25 min.	Thickness of material
1B	25	200	220 approx.	25 min.	Thickness of material

Fig. 1 No. 1 test piece

b) No. 2 test piece The form and dimensions of this test piece shall conform to Fig. 2.

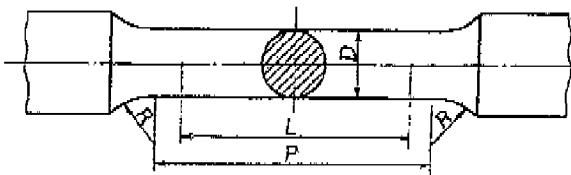


Dia. or width across flats D	Gauge length L	Distance between grips P
Size of material	$8D$	$(L + 2D)$ approx.

Remarks : For No. 2 test piece, the bars of not more than 25 mm in nominal diameter (or width across flats) shall be used.

Fig. 2 No. 2 test piece

- c) No. 4 test piece The form and dimensions of No. 4 test piece shall conform to Fig. 3.



Unit : mm

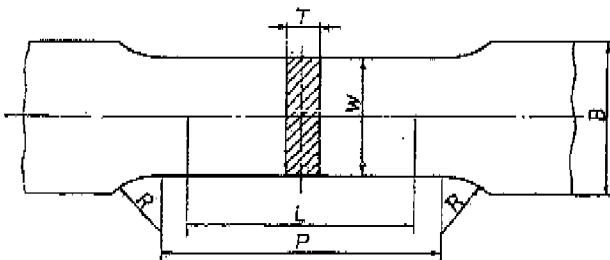
Diameter D	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R
14	50	60 approx.	15 min.

Remarks 1 The parallel portion of No. 4 test piece shall be machine-finished.

- 2 If No. 4 test piece of the dimensions as specified in Fig. 3 can not be obtained, the diameter of parallel portion and the gauge length may be determined in accordance with the formula $L = 4\sqrt{A}$, where A is the cross-sectional area of parallel portion.

Fig. 3 No. 4 test piece

- d) No. 5 test piece The form and dimensions of No. 5 test piece shall conform to Fig. 4.



Unit : mm

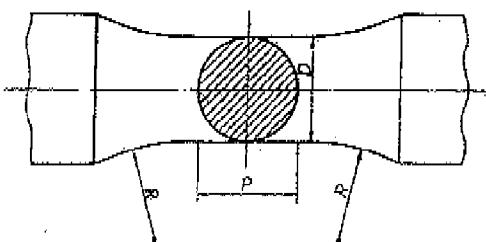
Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T
25	50	60 approx.	15 min.	Thickness of material

Remarks : In the case of applying No. 5 test piece to steel sheets not more than 3 mm thick, the radius R of fillet shall be 20 mm to 30 mm, and the width B of gripped ends shall be 30 mm or over.

Fig. 4 No. 5 test piece

- e) No. 8 test piece The form and dimensions of No. 8 test piece shall conform to Fig. 5.

g) N
7.



Unit : mm

Type of test piece	Casting dimensions of test coupon (diameter)	Parallel length P	Diameter D	Radius of fillet R
8A	13 approx.	8 approx.	8	16 min.
8B	20 approx.	12.5 approx.	12.5	25 min.
8C	30 approx.	20 approx.	20	40 min.
8D	45 approx.	32 approx.	32	64 min.

h) N
8

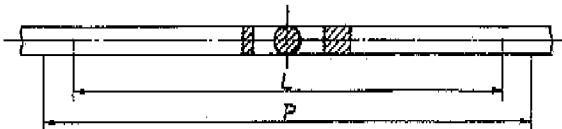
Remarks 1 No. 8 test piece shall be used for the tensile testing of the materials such as iron castings which do not require elongation values.

2 No. 8 test piece shall be sampled from the specimen cast to the dimensions given in the Table.

Fig. 5 No. 8 test piece

- f) No. 9 test piece The form and dimensions of No. 9 test piece shall conform to Fig. 6.

F

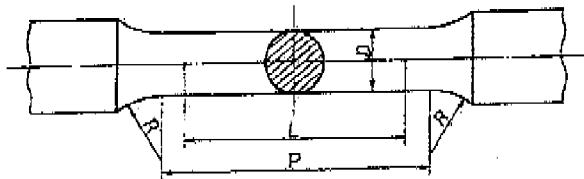


Unit : mm

Type of test piece	Gauge length L	Distance between grips P
9A	100	150 min.
9B	200	250 min.

Fig. 6 No. 9 test piece

to Fig.
b) No. 10 test piece The form and dimensions of No. 10 test piece shall conform to Fig. 7.

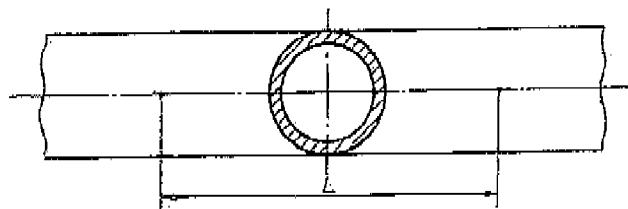


Unit : mm

Diameter <i>D</i>	Gauge length <i>L</i>	Parallel length <i>P</i>	Radius of fillet <i>R</i>
12.5	50	60 approx.	15 min.

Fig. 7 No. 10 test piece

b) No. 11 test piece The form and dimensions of No. 11 test piece shall conform to Fig. 8.



Gauge length *L* = 50 mm

Fig. 6.

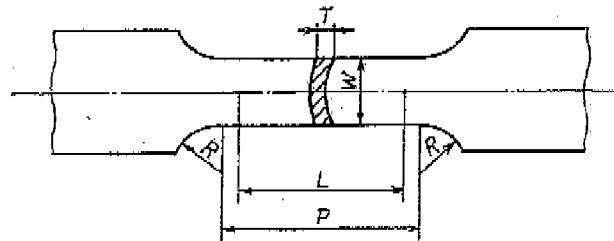
Remarks : The cross section of No. 11 test piece shall be as cut from the tubular material, and the gripped ends shall be inserted with metal plugs or pressed flat by hammering.

In the latter case, the length of parallel portion shall be not less than 100 mm.

Fig. 8 No. 11 test piece

— Z 2201 —

- i) No. 12 test piece The form and dimensions of No. 12 test piece shall conform to Fig. 9.



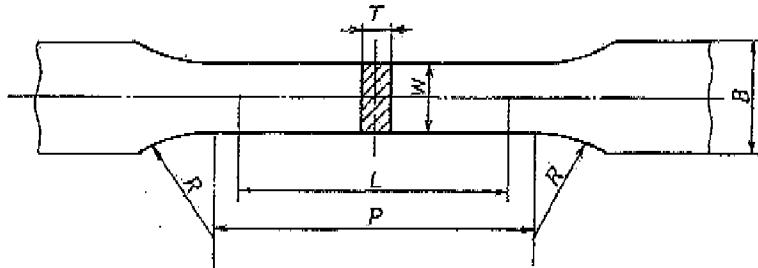
Unit : mm

Type of test piece	Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T
12A	19	50	60 approx.	15 min.	Thickness of tube
12B	25	50	60 approx.	15 min.	Thickness of tube
12C	38	50	60 approx.	15 min.	Thickness of tube

Remarks : The cross section of parallel portion of No. 12 test piece shall be arc form as cutting out of the tubular material. However, the gripped ends of test piece may be hammered flat at the room temperature.

Fig. 9 No. 12 test piece

- j) No. 13 test piece The form and dimensions of No. 13 test piece shall conform to Fig. 10.



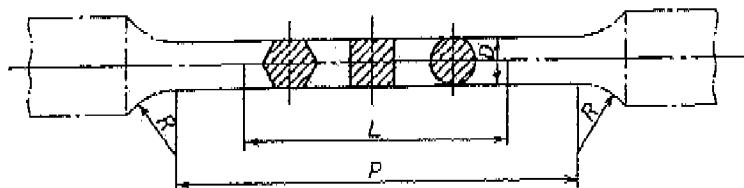
Unit : mm

Type of test piece	Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T	Width of gripped portion B
13A	20	80	120 approx.	20 to 30	Thickness of material	—
13B	12.5	50	60 approx.	20 to 30	Thickness of material	20 min.

Fig. 10 No. 13 test piece

b) No. 14 test piece

- 1) No. 14A test piece The form and dimensions of No. 14A test piece shall conform to Fig. 11.



Unit : mm

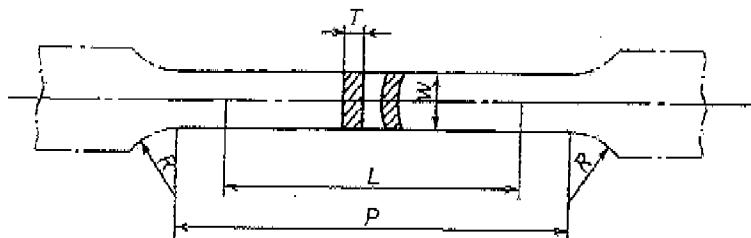
Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R
$5.65\sqrt{A}$	5.5D to 7D	15 min.

A : cross-sectional area of parallel portion

- Remarks 1 The gauge length may be so determined that $L = 5D$ for circular cross section of parallel portion, that $L = 5.65D$ for square cross section, and that $L = 5.26D$ for hexagonal cross section.
- 2 The length P of parallel portion should be $7D$, as far as practicable.
- 3 The diameter of gripped portions of No. 14A test piece may be made the same dimension as that of the parallel portion. In this case, the distance of P between grips shall be so determined that $P \geq 8D$.
- 4 In the case of the materials specified in the International Standard, Remarks Table 1 in 4.2 applies.

Fig. 11 No. 14A test piece

- 2) No. 14B test piece The form and dimensions of No. 14B test piece shall conform to Fig. 12.



Unit : mm

Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T
$8T_{\max.}$	$5.65\sqrt{A}$	$L+1.5\sqrt{A}$ to $L+2.5\sqrt{A}$	15 min.	Thickness of material

A : cross-sectional area of parallel portion

- Remarks 1 The length of parallel portion shall be so determined that $P = L + 2\sqrt{A}$, as far as practicable.
- 2 In the case of applying No. 14B test piece to the test of tubes, the cross section of parallel portion shall be as cut out of the tube.
- 3 The width of gripped portion of No. 14B test piece may be made the same as that of the parallel portion. In this case, the parallel length shall be $P = L + 3\sqrt{A}$.
- 4 No. 14B test piece, the standard dimensions of which are given in Remarks Table 2, should be used by unifying in every reasonable gauge of sheet width.
- 5 In the case of the materials specified in the International Standard, Remarks Table 1 in 4.2 applies.

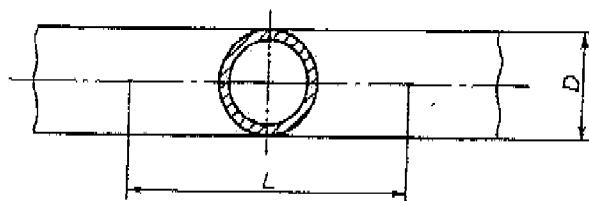
Fig. 12 No. 14B test piece

Remarks Table 2 Standard dimensions of 14B test piece

Plate thickness	Width W	Gauge length L	Parallel length P
Over 5.5 mm up to and incl. 7.5 mm	12.5	50	80
Over 7.5 mm up to and incl. 10 mm		60	
Over 10 mm up to and incl. 13 mm	20	85	130
Over 13 mm up to and incl. 19 mm		100	
Over 19 mm up to and incl. 27 mm	40	170	265
Over 27 mm up to and incl. 40 mm		205	

conform

- 3) No. 14C test piece The form and dimensions of No. 14C test piece shall conform to Fig. 13.



Gauge length $L = 5.65\sqrt{A}$ (where A is the cross-sectional area of test piece)

Remarks 1 The cross section of No. 14C test piece shall be as cut out of the tubular material.

- 2 This test piece shall be tested with its gripped ends inserted with metal plugs. In this case, the length of the part which is allowed to deform without touching the metal plugs shall be within the range from $(L + \frac{D}{2})$ to $(L + 2D)$, but $(L + 2D)$ is preferable.
- 3 In the case of the materials specified in the International Standard, Remarks Table 1 in 4.2 applies.

Fig. 13 No. 14C test piece

5.2 Parallel length of test piece In the case where the elongation value is not required in the tensile test, the length of parallel portion of each test piece prescribed in 5.1 may be so changed that $P \geq 3D$ or that $P \geq 3\sqrt{A}$.

5.3 Gauge length of proportional test piece The gauge length of the proportional test piece shall be at least 25 mm. However in the case where the original sectional area of the test piece is too small and, therefore, the gauge length of the proportional test piece is less than 25 mm, it is allowed to make the proportional constant 5.65 or more or to use the non-proportional test piece.

The gauge length of the proportional test piece may be rounded off to the nearest 5 mm, within the tolerance of 10 % on the calculated proportional dimension.

5.4 Change of parallel length of proportional test piece When conducting the tests of proportional test pieces of varied dimensions at a time, they may be so made that the lengths of parallel portions shall be unified to the longest one.

6 Tolerances on the dimensions of parallel portion of test piece

6.1 Tolerance on machined parallel portion in relation to nominal dimension The tolerances on diameter, thickness and width of parallel portion after machining in relation to the respective nominal dimensions shall be as shown in Table 3.

Table 3 Tolerance on parallel portion in relation to nominal dimension

Unit : mm	
Nominal dimension	Tolerance
Over 4 up to and incl. 16	± 0.5
Over 16 up to and incl. 63	± 0.7

6.2 Variation of dimension of machined parallel portion The diameter, thickness and width of mechanically-finished parallel portion of a test piece shall be uniform all over that portion, without variations (maximum value—minimum value) exceeding the tolerance given in Table 4 (for circular cross section) and Table 5 (for rectangular cross section).

Table 4 Tolerance on variation of dimension of parallel portion (case of circular cross section)

Unit : mm	
Mechanically-finished diameter	Tolerance
Over 3 up to and incl. 6	0.03
Over 6 up to and incl. 18	0.04
Over 18	0.05

Table 5 Tolerance on variation of dimension of parallel portion (case of rectangular cross section)

Unit : mm	
Mechanically-finished thickness or width	Tolerance
Over 3 up to and incl. 6	0.06
Over 6 up to and incl. 18	0.08
Over 18	0.10

Remarks : For example, if the minimum measured diameter of a parallel portion of a No. 4 test piece is 14.30 mm, the maximum diameter of the parallel portion should not exceed 14.34 mm (see Table 4).

Besides, the finished diameter of a No. 4 test piece of 14 mm nominal diameter shall be within 13.5 mm to 14.5 mm all over the parallel portion (see Table 3).

6.3 Taper of parallel portion of test piece If necessary, the parallel portion of a test piece may be tapered towards the middle within the tolerance on form specified in 6.2.

1 Scope
metallic

2 Term

3 Shape

3.1 Sha
fied into
sions of v

a) No. 2
Anne

Rema

b) No.
Ann

Annex (normative)
Special tensile test piece for metallic materials

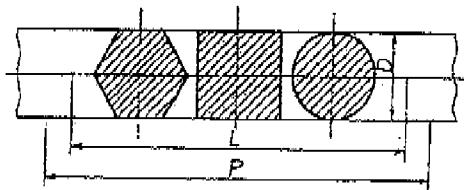
1 **Scope** This Annex specifies the special tensile test piece used in the tensile test of metallic materials (hereafter referred to as "special test piece").

2 **Term of application** This Annex applies until December 31, 2004.

3 **Shape and dimension of special test piece**

3.1 **Shape and dimension of special test piece** The special test piece shall be classified into No. 3 test piece, No. 6 test piece and No. 7 test piece, the shapes and dimensions of which are as follows :

a) **No. 3 test piece** The shape and dimension of No. 3 test piece shall be as shown in Annex Fig.1.



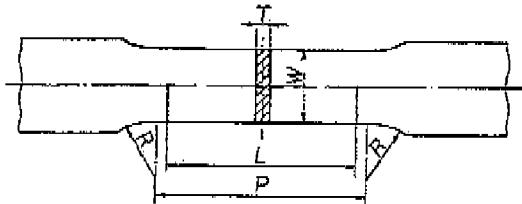
Dia. or width across flats <i>D</i>	Gauge length <i>L</i>	Distance between grips <i>P</i>
Size of material	$4D$	Approx. $(L + 2D)$

Remarks 1 No. 3 test piece is used for bar materials the nominal diameter (or width across flats) of which exceeds 25 mm.

2 No. 3 test piece may be machined to be the test piece having the parallel portion provided that, in this case, the diameter of parallel portion is 25 mm or more and the length of parallel portion *P* is approximately $4.5 D$.

Annex Fig. 1 No. 3 test piece

b) **No. 6 test piece** The shape and dimension of No. 6 test piece shall be as shown in Annex Fig. 2.



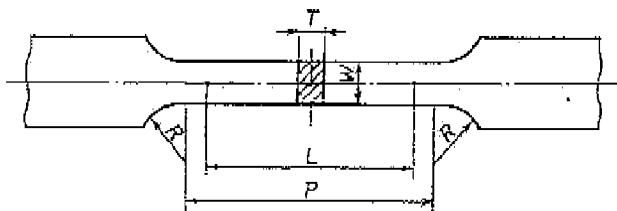
Unit : mm				
Width <i>W</i>	Gauge length <i>L</i>	Parallel length <i>P</i>	Radius of fillet <i>R</i>	Thickness <i>T</i>
15	$8\sqrt{A}$	<i>L</i> + approx. 10	15 or over	Thickness of material

A : cross section area of parallel portion ($W \times T$)

Remarks : No. 6 test piece is used for sheet materials and shape materials the thickness of which is 6 mm or under.

Annex Fig. 2 No. 6 test piece

- c) No. 7 test piece The shape and dimension of No. 7 test piece shall be as shown in Annex Fig. 3.



.Unit : mm

Width <i>W</i>	Gauge length <i>L</i>	Parallel length <i>P</i>	Radius of fillet <i>R</i>	Thickness <i>T</i>
<i>T</i> or over	$4\sqrt{A}$	Approx. 1.2 <i>L</i>	15 or over	Thickness of material

A : cross section area of parallel portion ($W \times T$)

Annex Fig. 3 No. 7 test piece

3.2 Parallel length of special test piece If elongation value is unnecessary in tensile test, the parallel length of each special test piece is allowed to be $P \geq 3D$ or $P \geq 3\sqrt{A}$.

3.3 Gauge length of special test piece As for the gauge length of special test piece, the fraction may be rounded off up to 5 mm within a range not exceeding the tolerance of 10 % with respect to the calculated proportional dimension.

3.4 Change of parallel length of special test piece When carrying out the test at the same time using the special test pieces of different dimensions, they may be prepared in such a way that the parallel lengths are adjusted to the longest one.

4 Tolerance on the dimension of parallel portion of special test piece The tolerance on the dimension of parallel portion of the special test piece shall be as specified in 4.1. the body.

Met

Introduction

lie materials

from the con-

tents. In the

specified to

national use

%/min has b

Japanese In

1 Scope

of metallic r

Remarks

ISO 689:

2 Normal

through refe

ctions of thei

JIS B 7

JIS B 7

JIS G 0

JIS Z 2

JIS Z 8

3 Definition

0202 and th

a) gauge l

on whic

a distin

1) origi

2) fini

the

thei

b) extens

used for

may dif

diamete

Where,

c) elongat

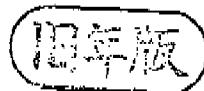
d) elongat

percen

EXHIBIT D

UDC 621.791.05:620.178,
152.341

JIS



JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

Testing Method of Maximum Hardness in Weld Heat-Affected Zone

JIS Z 3101-1972

Translated and Published

by

Japanese Standards Association

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

J I S

Testing Method of Maximum Hardness in
Weld Heat-Affected Zone

Z 3101-1972

1. Scope

This standard specifies testing method of maximum hardness in weld heat-affected zone of a steel by a covered electrode, hereinafter referred to as the "maximum hardness test".

2. Test Specimen

2.1 The test specimen shall be as indicated in Fig. 1 and Table 1, and the thickness (t) of test material shall be 20 mm as standard. When original thickness of the material exceeds 20 mm, the one face shall be machined cut to 20 mm, and in case of less than 20 mm, leaving it in original thickness.

Fig. 1. Shape of Test Specimen

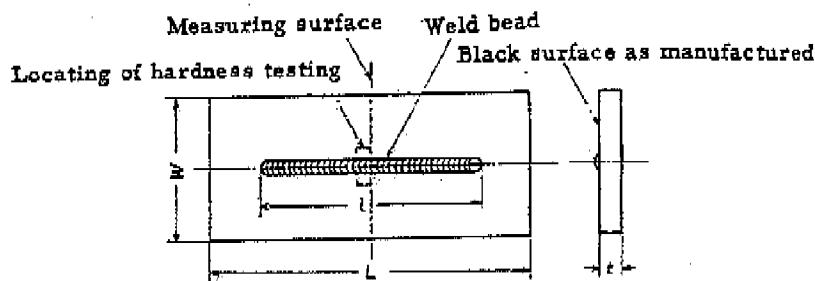


Table 1. Dimension of Test Specimen

Unit: mm

Item	L	W	t
No. 1 test specimen	200 approx.	75 approx.	125 ± 10
No. 2 test specimen	200 approx.	150 approx.	125 ± 10

Applicable Standards:

JIS B 7725-Vicker's Hardness Testers

JIS Z 2244-Method of Vicker's Hardness Test

2.2 No. 1 test specimen is used when welding is done at room temperature, and No. 2 test specimen is used when welding is done with preheating.

2.3 The side faces of test specimen can be left as flamed cut.

3. Welding

3.1 As indicated in Fig. 1, a string bead of 125 ± 10 mm long is laid on the centre of black surface of test material.

3.2 The covered electrode shall, as a rule, be of 4 mm diameter and of quality suitable for welding of test material.

3.3 The surface of material before welding shall be left in black state as manufactured, removing by suitable means, oil, rust, excessive scale, moisture etc., which are harmful for welding.

3.4 The test material shall be supported at both ends of the longitudinal direction and leaving a sufficient air space under the reverse face.

3.5 The temperature of test material just before welding shall be at the room temperature for No. 1 test specimen and the preheating temperature for No. 2 test specimen.

3.6 The welding condition shall, as a rule, conform to the following:

Welding current 170 ± 10 A. Welding speed 15 ± 1 cm/min.

3.7 No heat treatment whatever shall be permitted to the test specimen after welding.

4. Measurement of Hardness

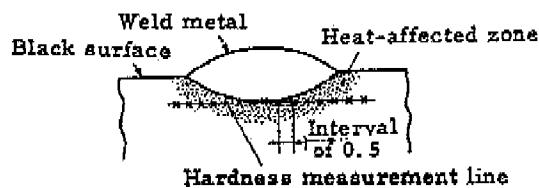
4.1 The taking of piece for measurement of hardness shall be made at least 12 hours after welding, and the measurement of hardness shall be made as soon as possible after taking the piece.

4.2 The piece for measurement of hardness shall be made at the room temperature by machine cutting the test specimen through the centre of the head at right angle as indicated in Fig. 1, and one side of the cutting shall be used. Care should be taken at this time to see that the maximum hardness of measuring surface shall not be lowered by temperature rise during the process of cutting, which shall be prevented by cooling the surface.

4.3 The piece for hardness measurement shall be prepared after polishing and corroding the cut surface to enable macrostructure to see. As indicated in Fig. 2, the measurement of hardness at room temperature by Vicker's hardness tester under the load of 10 kg shall be made along the straight line at the bottom of weld metal parallel to the black surface in intervals of 0.5 mm. The measuring points shall be more than 7 at right and left respectively of the contact point, and let the greatest of the measured value be the maximum hardness required.

Fig. 2. Particulars of Hardness Measurement

Unit: mm



4.4 The equipment used for hardness measurement shall be specified in JIS B 7725-Vicker's Hardness Testers, and the other than those stipulated in 4.3 shall be accorded with JIS Z 2244-Method of Vicker's Hardness Test.

5. Recording

5.1 The hardness of each point measured must be recorded.

5.2 The temperature of test material just before welding, welding current, arc voltage and welding speed must be recorded.